

Express Mail No. EV 346 809 906 US

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Application of: Bruno GHYSELEN et al.

Confirmation No. 3654

Application No.: 10/616,594

Group Art Unit: 2851

Filed: July 9, 2003

Examiner:

For: METHOD FOR FABRICATING
SUBSTRATES, IN PARTICULAR FOR OPTICS,
ELECTRONICS OR OPTOELECTRONICS

Attorney Docket No.: 4717-5600

SUBMISSION OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450

Sir:

Applicants have claimed priority under 35 U.S.C. § 119 of Application No. FR 0209021 filed July 17,, 2002 in France. In support of this claim, a certified copy of said application is submitted herewith.

No fee or certification is believed to be due for this submission. Should any fees be required, however, please charge such fees to Winston & Strawn LLP Deposit Account No. 50-1814.

Respectfully submitted,

Date: 10/16/03



Allan A. Fanucci (Reg. No. 30,256)
WINSTON & STRAWN
CUSTOMER NO. 28765

Enclosures

(212) 294-3311



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 07 juil, 2003

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIETE
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersbourg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr



INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

cerfa

N° 11354*02



REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

page 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 @ W / 010801

REMISE DES PIÈCES DATE LIEU 0209021 N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI 17 JUIL. 2002 Vos références pour ce dossier <i>(facultatif)</i> 239119/D.18919 R		Réervé à l'INPI												
1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE CABINET REGIMBEAU Espace Performance Bâtiment K 35769 SAINT-GREGOIRE CEDEX														
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie														
2 NATURE DE LA DEMANDE Cochez l'une des 4 cases suivantes <table border="0"> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Demande de brevet</td> <td><input type="checkbox"/> Demande de certificat d'utilité</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Demande divisionnaire</td> <td><input type="checkbox"/> Demande de brevet initiale ou demande de certificat d'utilité initiale</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Transformation d'une demande de brevet européen</td> <td><input type="checkbox"/> Demande de brevet initiale</td> </tr> </table>			<input checked="" type="checkbox"/> Demande de brevet	<input type="checkbox"/> Demande de certificat d'utilité	<input type="checkbox"/> Demande divisionnaire	<input type="checkbox"/> Demande de brevet initiale ou demande de certificat d'utilité initiale	<input type="checkbox"/> Transformation d'une demande de brevet européen	<input type="checkbox"/> Demande de brevet initiale						
<input checked="" type="checkbox"/> Demande de brevet	<input type="checkbox"/> Demande de certificat d'utilité													
<input type="checkbox"/> Demande divisionnaire	<input type="checkbox"/> Demande de brevet initiale ou demande de certificat d'utilité initiale													
<input type="checkbox"/> Transformation d'une demande de brevet européen	<input type="checkbox"/> Demande de brevet initiale													
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) "Procédé de fabrication de substrats notamment pour l'optique, l'électronique ou l'opto-électronique"														
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE <table border="0"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Pays ou organisation</td> <td>Date <input type="text"/></td> <td>N° <input type="text"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Pays ou organisation</td> <td>Date <input type="text"/></td> <td>N° <input type="text"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Pays ou organisation</td> <td>Date <input type="text"/></td> <td>N° <input type="text"/></td> </tr> <tr> <td colspan="3"><input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»</td> </tr> </table>			<input type="checkbox"/> Pays ou organisation	Date <input type="text"/>	N° <input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Pays ou organisation	Date <input type="text"/>	N° <input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Pays ou organisation	Date <input type="text"/>	N° <input type="text"/>	<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»		
<input type="checkbox"/> Pays ou organisation	Date <input type="text"/>	N° <input type="text"/>												
<input type="checkbox"/> Pays ou organisation	Date <input type="text"/>	N° <input type="text"/>												
<input type="checkbox"/> Pays ou organisation	Date <input type="text"/>	N° <input type="text"/>												
<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»														
5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)														
<table border="0"> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Personne morale</td> <td><input type="checkbox"/> Personne physique</td> </tr> </table>			<input checked="" type="checkbox"/> Personne morale	<input type="checkbox"/> Personne physique										
<input checked="" type="checkbox"/> Personne morale	<input type="checkbox"/> Personne physique													
Nom ou dénomination sociale S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES														
Prénoms Société Anonyme														
Forme juridique N° SIREN 13 8 4 7 1 1 9 0 9														
Code APE-NAF Parc Technologique des Fontaines Chemin des Franques														
Domicile ou siège	Rue 13 8 1 9 0 BERNIN													
	Code postal et ville FRANCE													
Nationalité Française														
N° de téléphone (facultatif) N° de télécopie (facultatif)														
Adresse électronique (facultatif) <input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»														

**BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉ**
**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE
page 2/2**


REMISE DES PIÈCES		Réervé à l'INPI
DATE		I.N.P.I. RENNES
LIEU		17 JUIL. 2002
N° D'ENREGISTREMENT		DB 540 @ W / 010801
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		
Vos références pour ce dossier : <i>(facultatif)</i>		
239119/D.18919R		
6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)		
Nom: BRANGER Prénom: Jean-Yves Cabinet ou Société: CABINET REGIMBEAU		
N °de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		
Adresse	Rue	Espace Performance Bâtiment K
	Code postal et ville	13 517 610 SAINT-GREGOIRE
	Pays	FRANCE
N ° de téléphone <i>(facultatif)</i> : 02 23 25 26 50 N ° de télécopie <i>(facultatif)</i> : 02 23 25 26 59 Adresse électronique <i>(facultatif)</i>		
7 INVENTEUR (S) <i>Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques</i>		
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)		
8 RAPPORT DE RECHERCHE <i>Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)</i> <input checked="" type="checkbox"/> Etablissement immédiat <input type="checkbox"/> ou établissement différé		
Paiement échelonné de la redevance <i>(en deux versements)</i> <i>Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt</i> <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non		
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES <i>Uniquement pour les personnes physiques</i> <input type="checkbox"/> Requise pour la première fois pour cette invention <i>(joindre un avis de non-imposition)</i> <input type="checkbox"/> Obtenu antérieurement à ce dépôt pour cette invention <i>(joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence)</i> : AG <input type="text"/>		
Si vous avez utilisé l'imprimé « Suite », indiquez le nombre de pages jointes		
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) BRANGER Jean-Yves Mandataire CPI N° 92-4010		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI

L'invention concerne un procédé de fabrication de substrats, notamment pour l'optique, l'électronique ou l'optoélectronique.

Les matières premières utilisées dans la 5 fabrication de ces substrats peuvent être obtenues industriellement, par exemple sous forme de lingots de matière brute.

Dans le cas du silicium monocristallin par exemple, on obtient ces lingots par la méthode de tirage 10 CZOCHALSKI (tirage CZ) à partir d'un bain de silicium fondu ou par la méthode de fusion de zone (tirage FZ) à partir d'un lingot polycristallin.

En ce qui concerne le carbure de silicium monocristallin, celui-ci est fabriqué par exemple, par 15 une méthode de sublimation bien connue de l'homme du métier.

Ces méthodes de croissance fournissent des lingots ayant la forme générale d'un cylindre dont les 20 deux extrémités sont sensiblement coniques. Suivant la nature du matériau constituant le lingot, celui-ci peut présenter une longueur d'une dizaine de centimètres (pour du carbure de silicium, par exemple), jusqu'à environ 2 mètres (pour du silicium).

Ces lingots sont ensuite découpés en tranches, 25 perpendiculairement à l'axe longitudinal du cylindre, pour former des plaquettes de matière première qui seront ensuite utilisées dans diverses applications. Ces plaquettes ne feront alors plus que quelques centaines de micromètres (à titre d'exemple, les plaquettes de 30 silicium de 200 mm de diamètre, fabriquées de façon standardisée, présentent une épaisseur de 725 μm).

De façon plus détaillée, les étapes de fabrication de ces plaquettes consistent à tailler les

deux extrémités en pointe du lingot, à meuler et à tourner sa surface latérale irrégulière de façon à obtenir un cylindre de section parfaitement circulaire, puis à le découper en tranches, par exemple avec une 5 scie circulaire ou une scie à fil.

Les rondelles ou tranches ainsi obtenues subissent ensuite une étape de finition consistant à les meuler, jusqu'à obtenir une plaquette d'une épaisseur uniforme, puis à polir au moins l'une de ses deux faces 10 opposées, de façon à obtenir une surface absolument plane. Enfin, chaque plaquette est trempée dans une série de bains de produits chimiques, afin d'éliminer les poussières et les particules qui subsisteraient encore sur ses deux faces et qui pourraient 15 ultérieurement être source de pollution.

Les étapes précitées sont extrêmement coûteuses, tant par le prix du matériel utilisé pour effectuer cet usinage ou ces traitements, que par le temps passé à leur réalisation, ou par la perte de 20 matière première au moment de la découpe.

A titre d'exemple illustratif, lorsque l'on souhaite réaliser une plaquette de 300 μm d'épaisseur, on perd environ 400 μm de matière pour la mise en forme de cette plaquette. Ainsi, dans une longueur de lingot 25 de 1 cm, soit 10.000 μm , il est possible de réaliser uniquement quatorze plaquettes (quatorze fois 700 μm).

En outre, pour certains matériaux extrêmement durs, fragiles et cassants comme le carbure de silicium, les étapes de préparation précitées peuvent se révéler 30 extrêmement longues et fastidieuses car le produit est long à polir et difficile à attaquer chimiquement.

De plus, parfois, les plaquettes massives ainsi obtenues ne constituent qu'un sous-produit intermédiaire. Ainsi, dans certains procédés de 35 prélèvement et de report de couches minces, par exemple un procédé tel que celui décrit dans le document

FR-2 681 472, seule la face avant de la plaquette sert de base aux prélèvements et doit donc être rigoureusement plane. Il est par contre inutile que la face arrière de la plaquette et la face latérale 5 cylindrique subissent un traitement de polissage et de finition coûteux en temps et en matière première.

L'invention a pour but de résoudre les inconvénients précités et notamment de diminuer fortement les pertes de matière première des matériaux 10 utilisés dans la réalisation de substrats, afin de diminuer leurs coûts de fabrication.

L'invention a également pour but de simplifier et de limiter au maximum les étapes d'usinage du lingot de départ.

15 Ce but est atteint à l'aide d'un procédé de fabrication de substrats, notamment pour l'optique, l'électronique ou l'optoélectronique, par transfert d'une couche d'un matériau adapté à ce type d'application et notamment semi-conducteur, sur un 20 support.

Ce procédé est remarquable en ce qu'il comprend les étapes consistant à :

a) soumettre un lingot brut du matériau destiné à former ladite couche, à une opération de 25 formation d'une face plane, dite "face avant",

b) planter des espèces atomiques sous ladite face avant du lingot, à une profondeur moyenne d'implantation contrôlée, de façon à créer une zone de fragilisation, située au voisinage de cette profondeur 30 d'implantation et délimitant une couche supérieure dudit lingot,

c) coller sur ladite face avant, un support dont au moins une partie du contour est inscrit dans le contour de cette face avant,

35 d) détacher directement du lingot, au niveau de la zone de fragilisation, la partie de ladite couche

supérieure qui est collée audit support, de façon à former ledit substrat et,

e) recommencer au moins une fois le cycle des opérations précédentes à partir de l'étape b).

5 L'invention concerne également un procédé de même nature, remarquable en ce qu'il comprend les étapes consistant à :

10 a) soumettre un lingot brut du matériau destiné à former ladite couche, à une opération de formation d'une face plane, dite "face avant", sans effectuer - ou quasiment sans effectuer - de rectification de la surface latérale de ce lingot,

15 b) implanter des espèces atomiques sous ladite face avant du lingot, à une profondeur moyenne d'implantation contrôlée, de façon à créer une zone de fragilisation, située au voisinage de cette profondeur d'implantation et délimitant une couche supérieure dudit lingot,

20 c) coller sur ladite face avant, un support, d) détacher directement du lingot, au niveau de la zone de fragilisation, la partie de ladite couche supérieure qui est collée audit support, de façon à former ledit substrat et,

25 e) recommencer au moins une fois le cycle des opérations précédentes à partir de l'étape b).

Grâce à l'invention, on élimine ainsi les étapes intermédiaires de fabrication des plaquettes massives et les pertes de matière qui y sont associées.

Le procédé selon l'invention comprend en outre 30 les caractéristiques avantageuses suivantes, prises seules ou en combinaison :

- il comprend une étape de retouche de la couche supérieure dont a été enlevée la partie collée audit support, cette étape de retouche étant effectuée 35 occasionnellement ou systématiquement après l'étape d) et avant de recommencer l'étape b) d'un cycle ultérieur

d'opérations et consistant à éliminer la couronne de matériau de la couche supérieure qui n'a pas été reportée sur le support, de façon à obtenir une nouvelle face avant apte à être collée à un nouveau support ;

5 - l'opération de formation de la face avant comprend une opération de découpe et de rectification du lingot ;

10 - l'opération d'implantation est effectuée avec une forte énergie, de sorte que la partie de la couche supérieure reportée sur ledit support présente une épaisseur suffisante pour être auto-portée ;

15 - ledit support comprend au moins une couche d'un matériau monocristallin ou polycristallin, choisi parmi le silicium, le carbure de silicium, le phosphure d'indium, l'arséniure de gallium ou le germanium ;

20 - ledit support est constitué d'un matériau plastique et/ou souple ;

25 - ledit support est un outil de préhension ;
- le collage du support est effectué par adhésion moléculaire, par collage eutectique, par l'application d'un adhésif, par l'application d'une cire, par application de forces électrostatiques ou par application d'un différentiel de pression ;

30 - le collage du support est définitif ou au contraire temporaire ;

35 - l'opération de détachement de la couche de matériau, du reste du lingot est effectuée par au moins l'une des techniques suivantes qui peuvent être utilisées seules ou de façon combinée parmi l'application de contraintes d'origine mécanique ou électrique, l'apport d'énergie thermique et une opération de gravure chimique ;

40 - le matériau du lingot est monocristallin et est choisi parmi le carbure de silicium, le silicium, le phosphure d'indium, l'arséniure de gallium ou le germanium ;

- ledit support et/ou ledit lingot comportent une couche d'isolant, notamment un oxyde ou un nitrure ;

- au cours de l'étape a), ledit lingot brut est découpé en au moins un tronçon épais, ladite face 5 avant étant ménagée sur ce tronçon épais.

L'invention concerne un procédé de fabrication de substrat. Dans la suite de la description et des revendications, il faut comprendre le terme « substrat » comme un ensemble comprenant d'une manière générale, un 10 support, recouvert d'une couche d'un matériau provenant d'un lingot, ce support pouvant être lié à ladite couche de matériau de manière définitive ou seulement temporaire.

En ce qui concerne ledit matériau provenant 15 d'un lingot, l'invention s'applique plus particulièrement à des matériaux coûteux, tels que des matériaux monocristallins ou obtenus par tirage du lingot à faible vitesse, dans des conditions optimisées pour obtenir une faible densité de défauts.

20 L'invention s'applique également bien à des matériaux extrêmement durs dont l'usinage et le polissage sont longs et difficiles.

Deux exemples de matériaux pour lesquels 25 l'invention convient particulièrement bien sont le carbure de silicium monocristallin, du fait de sa dureté et le silicium monocristallin car c'est de loin le matériau le plus utilisé dans le domaine de la micro-électronique.

En ce qui concerne le silicium, on peut 30 utiliser des lingots obtenus par tirage CZ (CZOCHALSKI) ou par toute autre technique, visant à obtenir du silicium monocristallin de meilleure qualité. On peut citer par exemple les lingots à densité réduite de défauts de type "COPs" (Crystal Originated Particles 35 selon la terminologie anglo-saxonne) ou moins sensibles à la formation de précipités d'oxygène. Les lingots de

type FZ ou autres qualités de silicium correspondants à des appellations commerciales de type « silicium parfait » sont également concernés. On peut aussi utiliser des lingots de silicium ayant subis un 5 traitement visant à diminuer leur densité de défauts, par exemple, un traitement thermique sous hydrogène, bien connu de l'homme du métier.

On peut également citer comme exemples d'autres matériaux monocristallins susceptibles d'être 10 transférés sur le support : le phosphure d'indium, l'arséniure de gallium ou le germanium.

Il faut par ailleurs comprendre le terme « lingot » comme une masse de matière brute dont la forme générale peut varier. Ainsi, le lingot peut être 15 de forme générale cylindrique avec deux extrémités sensiblement coniques ou de forme allongée, tubulaire, de section non circulaire, par exemple 'carrée, hexagonale ou octogonale, avec deux extrémités pointues ou non, ou encore de forme grossièrement sphérique 20 (comme de l'homme du métier sous le terme de "boule"), voire même de forme cubique.

Par ailleurs, il faut bien comprendre que le procédé selon l'invention peut également être appliqué à des tronçons épais de ce lingot. Lorsque ce lingot est 25 d'une forme allongée, ces tronçons épais peuvent être sensiblement transversaux ou au contraire longitudinaux.

D'autres aspects, buts et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit. L'invention sera également mieux 30 comprise à l'aide des références aux dessins joints dans lesquels :

- les figures 1 à 4, 7 et 8 représentent schématiquement les différentes étapes de mise en œuvre d'un mode de réalisation du procédé conforme à 35 l'invention ;

- les figures 5 et 6 sont des vues de dessus schématiques illustrant différentes variantes de réalisation de l'invention.

5 Comme on peut le voir sur la figure 1, le produit de départ est un lingot 10 ayant approximativement la forme d'un cylindre de révolution d'axe X-X' dont typiquement, la surface latérale 11 n'est absolument pas régulière géométriquement, et dont en particulier les régions supérieures 12 ou inférieures 10 12' (par rapport audit axe X-X') ne sont pas planes, voire même coniques.

15 L'une de ces régions d'extrémités 12 est soumise à un traitement de formation d'une face plane 13, dite "face avant". Ce traitement consiste tout d'abord à scier ou découper ladite extrémité 12, puis à rectifier et polir la face plane 13 obtenue (traitement référencé de manière générale 1 sur la figure 1).

20 De façon avantageuse, il est possible avant ou après l'étape de polissage de finition de la face 13, de faire subir à celle-ci un traitement de gravure chimique, de façon à éliminer la zone écrouie lors des étapes d'enlèvement mécanique de matière. On notera toutefois qu'il n'est pas nécessaire d'usiner l'extrémité inférieure 12' pour la mise en œuvre de 25 l'invention.

30 On obtient ainsi un lingot 10 présentant ladite face plane 13 dont le plan est sensiblement perpendiculaire à l'axe X-X' du lingot, bien que cela ne soit pas obligatoire et dont le contour 14 est généralement irrégulier.

Le lingot 10 peut par exemple présenter des défauts 15 sur sa surface latérale 11 (voir figure 2). Par ailleurs, en fonction du procédé de fabrication du lingot 10, celui-ci peut comprendre un noyau central 35 utile, par exemple de nature monocristalline, entouré

latéralement d'une gangue de matériau polycristallin d'une épaisseur de 1 à 2 mm, non exploitable.

Grâce au procédé selon l'invention, on effectue plus - ou quasiment plus - de rectification de 5 la surface latérale 11 ou de la gangue polycristalline, avant de procéder au report de couche. L'expression "quasiment plus" signifie qu'il est possible d'effectuer une très légère rectification de la surface latérale 11, mais avec des tolérances de variation de diamètre bien 10 supérieures à celles normalement tolérées lors de la fabrication de plaquettes.

A titre d'exemple illustratif, un lingot de carbure de silicium de 50 mm de diamètre mesure au maximum 10 cm, tandis qu'un lingot de silicium de 200 mm 15 de diamètre peut atteindre une longueur de 1,50 à 2 mètres.

En conséquence, après les opérations d'usinage précitées (découpe de la pointe 12 et polissage de la face avant 13), le lingot de carbure de silicium sera 20 généralement utilisé tel quel dans le procédé de l'invention, tandis que le lingot de silicium sera avantageusement découpé en tronçons d'environ 5 à 50 cm afin d'en faciliter la manipulation. Toutefois, la découpe de ces tronçons, (dits "tronçons épais" dans la 25 suite de la description et des revendications) entraîne proportionnellement des pertes de matière faibles et sans commune mesure avec les pertes de matière engendrées dans l'art antérieur lors de la fabrication de plaquettes de quelques centaines de micromètres.

30 Ensuite, une opération 2 d'implantation d'espèces atomiques, (typiquement des ions du gaz hydrogène ou un mélange d'ions des gaz hydrogène et hélium) est réalisée sur la face avant 13 du lingot (figure 3). Cette opération a pour but de créer une zone 35 de fragilisation 16 dans le matériau, afin de détacher ultérieurement la couche supérieure 17 du lingot,

s'étendant entre ladite zone de fragilisation 16 et la face avant 13 du lingot, du reste du lingot 10.

Par implantation d'espèces atomiques, on entend tout bombardement d'espèces atomiques, 5 moléculaires ou ioniques, susceptible d'introduire ces espèces dans un matériau, avec un maximum de concentration de ces espèces à une profondeur déterminée par rapport à la surface bombardée. Les espèces sont introduites dans le matériau avec une énergie également 10 distribuée autour d'un maximum. Cette implantation peut être réalisée grâce à un implanteur par faisceau d'ions, un implanteur par immersion dans un plasma, etc.

Les doses d'implantation sont avantageusement de l'ordre de 10^{16} à quelques 10^{18} ions/cm². Les énergies 15 d'implantation peuvent varier avantageusement de quelques dizaines de keV et à plus d'un MeV, ce qui permet d'obtenir une profondeur d'implantation, et donc une épaisseur de la couche supérieure 17, variant de quelques dizièmes à quelques dizaines de micromètres.

20 Une implantation effectuée à forte énergie (de l'ordre d'au moins 1 MeV) permet d'obtenir une couche 17 présentant une épaisseur d'au moins 50 μm , suffisante pour qu'elle soit ultérieurement auto-portée. Inversement, une implantation effectuée à faible énergie 25 (c'est-à-dire en-dessous d'1 MeV) fourni une couche supérieure 17 plus mince qui devra être placée en permanence sur un support.

Les conditions d'implantation seront choisies par l'homme du métier en fonction de la nature du 30 matériau et des applications envisagées et généralement, de façon que le détachement ultérieur le long de la zone de fragilisation 16 puisse être opéré à moindre effort.

On colle ensuite un support 20 sur la surface avant 13 du lingot 10 (figure 4).

35 Le support 20 peut comprendre une seule couche de matériau ou au contraire une pluralité de couches

superposées. A titre d'exemple, on peut citer des matériaux monocristallins ou polycristallins, tels que le silicium, le carbure de silicium (SiC), le phosphure d'indium (InP), l'arséniure de gallium (AsGa) ou le 5 germanium (Ge).

Le support 20 peut aussi comporter une couche d'isolant, telle une couche d'oxyde (par exemple SiO₂) ou de nitrure (par exemple Si₃N₄).

Le support 20 également être un outil de 10 préhension du type comprenant un embout de forme particulière connu de l'homme du métier.

Enfin, ledit support 20 peut être constitué d'un matériau plastique et/ou souple, tel qu'une bande de matière plastique ou de polymère ou une bande de 15 papier.

Son épaisseur sera avantageusement choisie de façon à permettre éventuellement une légère déformation par courbure pour faciliter son collage sur le lingot 10. En outre, ses dimensions et sa forme seront choisies 20 en fonction des applications envisagées et dans le cas particulier où le lingot 10 présente une gangue périphérique inutilisable, les dimensions du support 20 seront choisies de façon à ne prélever que le matériau utile se trouvant au centre du lingot.

25 Le collage peut être définitif ou temporaire, en fonction des applications finales visées et de la nature et du coût des matériaux utilisés pour le support 20 ou le lingot 10. L'homme du métier choisira la technique la plus appropriée.

30 Diverses techniques de collage définitif sont énumérées ci-après. Des techniques de collage temporaire seront décrites ultérieurement lors de la description de l'étape de détachement du support 20.

35 Le collage peut être effectué par « collage direct » ou « collage par adhésion moléculaire », c'est à dire une technique connue de l'homme du métier sous la

terminologie anglo-saxonne de « wafer bonding » ou de « direct bonding », dans laquelle aucune colle n'est utilisée. Ces techniques nécessitent toutefois une planéité et un polissage parfait des surfaces à mettre 5 en contact.

Ce type de collage est généralement utilisé dans un environnement extrêmement propre et est donc bien adapté aux lingots de silicium.

Le collage peut également être effectué par 10 une technique de "collage anodique" connue sous la terminologie anglo-saxonne d'"anodic bonding". Ce type de collage convient bien à un matériau du type carbure de silicium, car il ne nécessite pas le degré de propreté de surfaces et d'élimination des contaminants 15 exigé pour le collage direct précité.

De façon connue de l'homme du métier, ce collage peut également être effectué par l'emploi d'adhésif, de cire, ou par collage eutectique.

Le collage peut également être effectué par 20 l'application ou la formation d'oxydes (par exemple SiO_2) ou de nitrures (par exemple Si_3N_4) sur les surfaces du lingot 10 et/ou du support 20 à mettre en contact. Ce type de collage sera utilisé lorsque l'on souhaite ultérieurement obtenir un substrat de nature isolante. 25 Inversement, on peut utiliser une couche de collage intermédiaire en matériau réfractaire pour obtenir un substrat de nature conductrice.

Ces techniques de collage sont décrites 30 notamment dans le document "Semiconductor Wafer Bonding", Science and Technology, Q.Y Tong et U. Gösele, Wiley Interscience Publication.

Selon une première variante de réalisation représentée sur la figure 5, le contour 21 de la face du support 20 qui se trouve en contact avec la face avant 35 13 du lingot 10 est inscrit dans le contour 14 de cette face avant 13. Ce support 20 circulaire pourrait

également être de forme carrée, rectangulaire ou quelconque, pourvu qu'il s'inscrive dans le contour 14. La mise au diamètre du lingot 10 n'est donc pas nécessaire.

5 Selon une deuxième variante de réalisation représentée sur la figure 6, seule une partie du contour 21 de la face du support 20 qui se trouve en contact avec la face avant 13 est inscrite dans le contour 14 de cette face avant 13.

10 A titre d'exemple, ce support 20 peut être rectangulaire et sa longueur est supérieure au diamètre du lingot 10. Le contour 21 se divise en deux parties, une première partie 210 du contour qui s'inscrit à l'intérieur du contour 14 de la face avant 13 du lingot 10 (il s'agit ici de deux lignes parallèles) et une deuxième partie 210' du contour qui est située à l'extérieur dudit contour 14 (il s'agit ici des deux extrémités en "U" du support 20 rectangulaire).

15 On procède alors à une opération de détachement 3 de la partie 170 de la couche supérieure 17 du lingot qui est collée au support 20 (voir figure 7).

20 Cette opération est effectuée en appliquant au support 20, une action apte à engendrer un détachement de ladite partie 170, au niveau de la zone 25 de fragilisation 16.

25 Ainsi, ce détachement est effectué par au moins l'une des techniques suivantes qui peuvent être utilisées seules ou de façon combinée : l'application de 30 contraintes mécaniques (cisaillement, traction, compression, ultrasons, écartement du support par rapport au lingot, etc.), ou de contraintes ayant pour origine une énergie électrique (application d'un champ électrostatique ou électromagnétique), ou l'apport 35 d'énergie thermique (radiation, convection, conduction, augmentation de la pression dans les microcavités), etc.



L'apport d'énergie thermique peut dériver de l'application d'un champ électromagnétique, d'un faisceau d'électrons, d'un chauffage thermoélectrique, d'un fluide cryogénique, d'un liquide super-refroidi, 5 etc.

Ce détachement peut également être effectué par application d'un traitement chimique telle qu'une opération de gravure chimique par exemple et de façon connue de l'homme du métier, une opération de gravure 10 avec une solution chimique qui attaque et détruit spécifiquement la zone implantée.

Le détachement peut également être effectué en combinant plusieurs des techniques de détachement précitées.

15 On observera sur la figure 7 que la partie 170 de la couche supérieure 17 est enlevée du lingot 10 en étant automatiquement taillée (c'est à dire "auto-délimitée") aux contours du support 20 (circulaire sur les figures 4 et 5), ce qui permet en particulier 20 d'éviter, préalablement à l'ensemble des opérations ci-dessus, d'avoir à tailler la surface latérale périphérique 11 du lingot 10 pour l'adapter à la forme du support, avec les inconvénients qui en résultent, tels que mentionnés en introduction.

25 Dans le cas fréquent où le support 20 est de contour circulaire, on supprime ainsi l'étape dite "de mise au diamètre" du lingot, c'est à dire consistant à usiner un lingot parfaitement cylindrique.

Dans le cas où le support 20 présente un 30 contour 21 excédant en partie celui du lingot 10 (voir figure 6), la couche supérieure du lingot 10 est retirée du reste dudit lingot en étant automatiquement auto-délimitée au niveau de la partie 210 du contour 21, inscrite à l'intérieur du contour 14 et la mise au 35 diamètre du lingot n'est pas nécessaire non plus.

On obtient ainsi un substrat 30 constitué de la couche 170 auto-délimitée, collée sur le support 20.

Parmi les techniques de collage définitif mentionnées précédemment, certaines telles le 5 "waferbonding", le collage eutectique ou le collage par adhésif ou cire peuvent devenir des techniques de collage temporaire par application d'un traitement ultérieur (traitement chimique, chauffage, etc...) qui permet de détacher le support 20 de la couche 170, par 10 exemple pour reporter cette dernière sur un autre support ou substrat.

On notera également que lorsque le support 20 est un outil de préhension, le collage est effectué par l'application d'un différentiel de pression (aspiration) 15 ou au moyen de forces électrostatiques et que ces techniques sont également des techniques de collage temporaire.

Ensuite, un traitement de simple retouche peut être effectué pour éliminer la couronne de matériau 170' 20 lorsqu'elle existe, cette couronne restant à la surface du lingot 10 après l'enlèvement de la couche mince 170 à l'aide du support 20 (voir figure 8).

Le terme "couronne" 170' est à considérer au sens large comme tout résidu de la couche supérieure 17 25 qui reste après l'enlèvement de la couche mince 170, cette couronne pouvant être de forme quelconque autre qu'annulaire et pouvant également se présenter comme une simple pellicule cloquée.

En fonction de l'énergie d'implantation des 30 espèces atomiques et donc de l'épaisseur de la couche mince 170 et de la couronne 170', ce traitement de retouche peut être réalisé par un polissage léger, par un simple brossage ou par application d'énergie thermique. Cette étape de retouche a pour but de rendre 35 la surface avant 13, apte à être collée contre un nouveau support 20. On notera toutefois que cette étape

de retouche n'est pas toujours nécessaire et l'homme du métier choisira de l'effectuer systématiquement ou non avant de recommencer un cycle d'étapes de prélèvement de couches.

5 Les étapes illustrées sur les figures 3, 4, 7, et éventuellement 8 peuvent être répétées plusieurs fois jusqu'à épuisement du lingot 10.

Plusieurs exemples de réalisation du procédé conforme à l'invention sont décrits ci-après.

10 Cependant, l'invention ne se limite pas à ces exemples. Elle s'applique d'une manière générale à des lingots des matériaux utilisés pour la fabrication de substrats dans le domaine de l'optique, de l'électronique et de l'opto-électronique, notamment des 15 matériaux semi-conducteurs.

Exemple 1 :

On a utilisé un lingot 10 de carbure de silicium monocristallin. Il présente à sa périphérie une 20 gangue polycristalline inhérente à la méthode de croissance utilisée. Ce lingot a un diamètre d'environ 60 mm et une longueur de l'ordre de 50mm. Selon les applications visées, ce lingot pourra par exemple être de polytype 4H ou encore 6H selon la dénomination 25 d'usage chez l'homme de l'art.

Il subit ensuite les opérations de découpe et de rectification illustrées sur la figure 2, accompagnées d'une étape de finition par polissage.

30 Préférentiellement, on procède avant le polissage de finition, à une attaque chimique dont le but est d'éliminer une zone écrouie lors des étapes d'enlèvement mécanique de matière. $10\mu\text{m}$ de matière sont typiquement enlevés lors de cette étape d'attaque chimique.

35 Selon le polytype, la surface 13 du lingot sera choisie plutôt parallèle à un plan

cristallographique (cas du polytype 6H, dénomination « on-axis » selon la terminologie anglo-saxonne) ou au contraire volontairement désorientée de quelques degrés (comme il est d'usage dans le cas du polytype 4H, par 5 exemple de 8°, nommé « 8° off-axis » selon la terminologie anglo-saxonne). Ceci implique une opération de repérage des plans cristallographiques correspondants.

On procède ensuite à l'opération 2 d'implantation d'espèces atomiques (voir figure 3). Dans cet exemple, les espèces atomiques sont des ions H⁺. Ils sont implantés avec une énergie de 200 keV pour définir une couche supérieure 17 de plus de 1 μm d'épaisseur. Une dose d'implantation de l'ordre de 8.10¹⁶H⁺/cm² est 15 utilisée.

Un support 20 en carbure de silicium polycristallin obtenu par CVD (terme Angló-saxon désignant une variante de dépôt par décomposition en phase vapeur), d'une épaisseur de 200 μm, recouvert 20 d'une couche de SiO₂ d'une épaisseur de 1μm, est collé sur la face avant 13 du lingot, la couche de SiO₂ étant en contact avec ledit lingot. Ce support a un diamètre de 50 mm et est positionné sensiblement de manière centrale par rapport à la face avant 13.

25 Le collage est effectué par collage direct ou "wafer bonding" (voir livre de Goséle précité). Avantageusement, juste avant le collage, chacune des surfaces à mettre en contact est nettoyée et légèrement polie, en enlevant une épaisseur de seulement quelques 30 dizaines de nanomètre lors de ce polissage.

Le détachement le long de la zone de fragilisation 16 est obtenu grâce à l'application d'un traitement thermique effectué à 900°C pendant 2 heures. Lors du détachement, un disque 170 dont le diamètre 35 correspond sensiblement au diamètre du support 20, (soit environ 50 mm), est prélevé dans le lingot 10 et

transféré sur ce support. Il reste alors sur le lingot 10, une couronne complémentaire annulaire 170', comme le montre la figure 7, d'une largeur d'environ 5 mm.

L'ensemble constitué du support 20, de la 5 couche 170 de SiC monocristallin prélevé dans le lingot 10, et de la couche intermédiaire de SiO₂ est ensuite soumis à une série d'étapes de finition. Celles-ci sont réalisées dans le but multiple de récupérer des propriétés de rugosité et de qualité de couche du SiC 10 monocristallin, équivalentes à celles d'un substrat monocristallin, mais aussi de renforcer l'interface de collage. Parmi les étapes de finition, on pourra utiliser des traitements thermiques, oxydants ou non, des étapes de gravure chimique et des étapes de 15 polissage de finition.

Par ailleurs, comme illustré sur la figure 8, le lingot 10 subit ensuite une étape de retouche, de façon à obtenir un lingot similaire à celui de la figure 2, si ce n'est qu'il est désormais un peu moins long. 20 Les étapes de retouche peuvent comprendre des étapes de traitements thermiques, de gravure chimique et de polissage. Dans le cas par exemple où un polissage est retenu pour la retouche, il est à noter que l'enlèvement de matière lors de ce polissage de retouche peut être 25 significativement plus faible que celui correspondant aux étapes de rectification et de polissage utilisées lors de la préparation préliminaire du lingot en vue de préparer la surface 13 pour le premier prélèvement de couche, selon le procédé décrit ci-avant. Si l'épaisseur 30 prélevée est de l'ordre de 1,5 µm, une retouche correspondant à un enlèvement de matière de 3 µm peut être amplement suffisant.

Les différentes étapes du procédé qui viennent d'être décrites sont ensuite répétées un grand nombre de 35 fois, la limite théorique du nombre de prélèvements correspondant à la disparition complète de la totalité

de la masse du lingot 10. En pratique, ce cycle sera arrêté avant que l'épaisseur restante n'atteigne des valeurs trop faibles ne permettant plus de garantir la rigidité du reste du lingot. Des épaisseurs en deçà de 5 200 μm sont à ce titre des limites raisonnables.

Exemple 2 :

Cet exemple reprend l'exemple 1, mais diffère notamment en ce que le lingot 10 est un lingot de 10 silicium monocristallin. Ce lingot a un diamètre légèrement supérieur à 300 mm, environ 310 mm, une orientation cristallographique <100> et une longueur de 1,20 m, si l'on fait abstraction des bouts coniques. Il peut-être obtenu par n'importe quelle technique connue 15 telle que le tirage CZ (CZOCHALSKI).

Conformément à la figure 2, ce lingot 10 est également soumis à des opération de découpe visant à supprimer les bouts coniques 12, 12' mais subit en plus une opération de tournage visant à former un cylindre de 20 révolution d'un diamètre d'environ 300 mm, avec une tolérance sur le diamètre supérieure aux normes habituelles fixant les tolérances sur le diamètre des substrats. Un diamètre de 302 mm +/-1mm, donc légèrement irrégulier, est ainsi obtenu.

25 En outre, à la différence de l'exemple précédent, ce lingot 10 subit de plus un tronçonnage pour définir six sections de lingot d'une longueur de l'ordre de 20 cm. Chaque section de lingot est ensuite rectifiée, polie en ses bouts pour aboutir à six 30 tronçons équivalents à celui de la figure 2. Enfin, une étape de gravure chimique est intercalée juste avant le polissage final, dans le but d'enlever 80 μm de silicium pouvant correspondre à une zone endommagée par la rectification ou la découpe.

35 L'implantation est également effectuée avec des ions H^+ , à une énergie de 200 keV pour définir une

couche supérieure 17 de 1,5 μm d'épaisseur. Une dose d'implantation de l'ordre de $8 \cdot 10^{16} \text{H}^+/\text{cm}^2$ est utilisée.

Le support 20 est dans cet exemple un substrat de silicium 300 mm de type CZ, oxydé thermiquement à sa 5 surface, de manière à former une couche d'oxyde de 0,4 μm d'épaisseur. La présence de cet oxyde thermique correspond ici à la volonté d'aboutir à une structure dite "silicium sur isolant" (connue sous l'acronyme "SOI" comme "Silicon On Insulator" en terminologie 10 anglo-saxonne).

Le collage est effectué par collage direct ou "wafer bonding" (voir livre Gosèle précité). Juste avant le collage, chacune des surfaces à mettre en contact est nettoyée, selon l'une des techniques connues de l'homme 15 de l'art.

Le détachement le long de la zone implantée est obtenu grâce à l'application d'un traitement thermique effectué à 500°C pendant 2 heures. Lors du détachement, un disque dont le diamètre correspond 20 sensiblement au diamètre du support, (soit environ 300 mm), est prélevé dans le lingot et transféré sur le support 20. Il reste alors sur le lingot, une couronne complémentaire comme le montre la figure 7, de l'ordre de quelques millimètres de large, selon le diamètre 25 exact du lingot et la forme plus ou moins arrondie en ces bords du support 20.

On obtient ainsi une structure de type "SOI" de 300 mm de diamètre, caractérisée par une épaisseur de silicium de 1,5 μm sur une épaisseur de 0,4 μm d'isolant 30 sous forme de SiO_2 .

Afin d'augmenter la productivité, on peut envisager d'appliquer ce procédé sur chacun des deux bouts du tronçon. Ainsi chacun des deux bouts est successivement ou concomitamment implanté, collé sur un 35 substrat support 20, et subit une étape de détachement et de retouche pour chaque nouveau cycle.

Exemple 3 :

L'exemple 3 reprend l'exemple 2 mais le lingot 10 en découpé en vingt-quatre tronçons d'une épaisseur 5 de l'ordre de 50 mm.

Dans cet exemple, on peut constater que la perte de matière liée aux opérations de découpe, de meulage et de polissage est plus élevée que dans l'exemple 2 où seulement six tronçons sont découpés. En 10 revanche, on obtient plus de tronçons sur lesquels on peut opérer en parallèle.

Exemple 4 :

Cet exemple reprend l'exemple 3 mais diffère 15 notamment par le fait que le support 20 a un rôle de support temporaire par opposition à l'exemple 3 où le support 20 est collé de manière permanente et définitive.

On utilise pour l'implantation des espèces 20 atomiques de type H^+ . Les paramètres d'implantation sont une énergie de 500 keV et une dose de $1,2 \cdot 10^{17} H^+/\text{cm}^2$. Dans ces conditions, l'épaisseur de couche prélevée 17 est d'environ 4 à 5 μm .

Le collage entre le support 20, également 25 constitué d'une plaque de silicium CZ de 300 mm de diamètre, recouverte d'une couche d'oxyde thermique, et la face avant 13 du lingot 10 est réalisé grâce à une colle réversible ou une cire réversible dont la température de fusion reste relativement basse. 30 Typiquement, on pourra utiliser une cire dont la température de fusion est comprise entre 70 et 120°C. De telles cires sont connues de l'homme de l'art. Certaines de ces cires sont connues sous la terminologie Anglo-saxonne de « WAX ».

35 Le détachement diffère dans cet exemple, au sens où il est obtenu à température ambiante, grâce à

l'application de forces mécaniques visant à écarter le substrat support 20 du reste du lingot, le détachement forcé se réalisant le long de l'interface fragilisée par l'implantation. Un moyen d'appliquer ces contraintes mécaniques consiste par exemple à insérer une lame, ou un jet d'air ou d'eau pressurisé, à l'interstice formé au niveau de la liaison entre la face 13 et le support 20.

Un traitement thermique aura avantageusement été réalisé au préalable, avant l'application de la cire, dans le but de favoriser l'état de fragilisation, notamment par la croissance de micro cavités au niveau de la zone implantée 16. Une température de l'ordre de 450°C est alors préconisée.

Après le détachement, la couche 17 liée au support 20 par la couche de cire est mise en contact intime, via une technique de collage direct avec un deuxième support de 300 mm de diamètre, en silicium par exemple. Ce deuxième collage peut être favorisé par un léger polissage, enlevant typiquement 0,1 µm de la couche 17 après l'étape de détachement de la figure 7 et avant la mise en contact sur ce deuxième support qui pourra quant à lui être définitif.

La couche 17 est enfin libérée du premier support 20 grâce à un traitement thermique à une température excédant la température de fusion de la cire. Des nettoyages, à base de solvants, seront alors utilisés pour enlever les éventuels résidus de cire sur la couche 17.

30

Exemple 5 :

L'exemple 5 reprend l'exemple 2 et les paramètres d'implantation de l'exemple 4 aux différences suivantes près.

Tout d'abord, le but est ici de produire des rubans d'au moins 50 cm de long de silicium

monocristallin, reportés sur des rubans plastiques d'une largeur de l'ordre de 5 cm.

Pour ce faire, le lingot de silicium est découpé longitudinalement, parallèlement à l'axe **X-X'**, 5 et rectifié selon ce plan, en plusieurs plaques en forme de parallélépipède rectangle présentant une longueur de l'ordre de 1m20, une épaisseur d'environ 1 cm et une largeur variant d'environ 305 mm à une centaine de mm selon que ces plaques sont prélevées au cœur du lingot 10 (proche de l'axe **X-X'**) ou plutôt sur les bords du lingot.

Chacune de ces plaques est implantée dans des conditions similaires à l'exemple 4 et subit un traitement de recuit à 450°C environ.

15 Le collage est réalisé par application d'un ruban adhésif constitué d'un ruban de support plastique sur lequel est étalé un adhésif.

Le détachement est effectué par arrachement de ce ruban adhésif de la plaque issue du lingot. Sur une 20 même plaque et en une seule étape d'implantation, on peut ainsi prélever plusieurs sections de ruban, dont la largeur est définie par la largeur du ruban adhésif appliqué, en juxtaposant plusieurs morceaux de ruban adhésif sur la dite plaque.

25

Exemple 6 :

L'exemple 6 reprend l'exemple 3.

Le but de cet exemple est de réaliser un substrat fini comprenant un support définitif en 30 plastique de 10 mm de diamètre sur lequel sont reportés une pluralité de pastilles de silicium dont chacune présente une forme hexagonale.

Sur la surface d'un lingot de silicium, une grande quantité de tels hexagones peuvent être inscrits, 35 en fonction du diamètre du lingot qui peut être de 100 mm, 125 mm, 150 mm, 200 mm, voire même 300 mm.

Le lingot de silicium 10 considéré ici possède un diamètre de 100 mm.

Après l'étape d'implantation de la face avant 13 du lingot, et l'étape de traitement thermique à 5 450°C, on applique sur cette face 13 un support transitoire 20.

Ce support transitoire 20 est un outil muni d'un embout hexagonal et d'un dispositif d'aspiration permettant de créer une dépression au niveau de cet 10 embout, afin d'établir une liaison temporaire entre cet embout et une partie de la surface 13 du lingot. Cette liaison est temporaire au sens où elle peut être interrompue en supprimant l'aspiration.

Après établissement de l'aspiration, l'outil 15 permet par arrachement de prélever depuis le lingot, une pastille de silicium de forme hexagonale. Ensuite, l'outil permet de transporter et de mettre en contact cet hexagone de silicium avec le support définitif en plastique, préalablement recouvert de colle pour 20 procéder à l'assemblage final. Enfin, la liaison par aspiration entre l'outil et l'hexagone de silicium est relâchée.

L'opération de prélèvement d'un hexagone peut alors être répétée de nombreuses fois sur la face 13 du 25 lingot, avant de devoir procéder à la retouche de la face de ce lingot, par polissage par exemple. A cet effet, les dimensions de l'embout hexagonal sont telles qu'elles permettent avantageusement de prélever côté à côté plusieurs pastilles hexagonales dans chaque couche 30 17.

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication de substrats (30), notamment pour l'optique, l'électronique ou l'optoélectronique, par transfert d'une couche (170) d'un matériau adapté à ce type d'application et 5 notamment semi-conducteur, sur un support (20), caractérisé par le fait qu'il comprend les étapes consistant à :

10 a) soumettre un lingot brut (10) du matériau destiné à former ladite couche (170), à une opération de formation d'une face plane, dite "face avant" (13),

15 b) implanter des espèces atomiques (2) sous ladite face avant (13) du lingot (10), à une profondeur moyenne d'implantation contrôlée, de façon à créer une zone de fragilisation (16), située au voisinage de cette profondeur d'implantation et délimitant une couche supérieure (17) dudit lingot (10),

20 c) coller sur ladite face avant (13), un support (20) dont au moins une partie du contour (21) est inscrit dans le contour (14) de cette face avant (13),

25 d) détacher directement du lingot (10), au niveau de la zone de fragilisation (16), la partie (170) de ladite couche supérieure (17) qui est collée audit support (20), de façon à former ledit substrat (30) et,

e) recommencer au moins une fois le cycle des opérations précédentes à partir de l'étape b).

2. Procédé de fabrication de substrats (30), notamment pour l'optique, l'électronique ou 30 l'optoélectronique, par transfert d'une couche (170) d'un matériau adapté à ce type d'application et notamment semi-conducteur, sur un support (20),

caractérisé par le fait qu'il comprend les étapes consistant à :

- a) soumettre un lingot brut (10) du matériau destiné à former ladite couche (170), à une opération de formation d'une face plane, dite "face avant" (13), sans effectuer -ou quasiment sans effectuer- de rectification de la surface latérale (11) de ce lingot,
- 5 b) planter des espèces atomiques (2) sous ladite face avant (13) du lingot (10), à une profondeur moyenne d'implantation contrôlée, de façon à créer une zone de fragilisation (16), située au voisinage de cette profondeur d'implantation et délimitant une couche supérieure (17) dudit lingot (10),
- 10 c) coller sur ladite face avant (13), un support (20),
- d) détacher directement du lingot (10), au niveau de la zone de fragilisation (16), la partie (170) de ladite couche supérieure (17) qui est collée audit support (20), de façon à former ledit substrat (30) et,
- 20 e) recommencer au moins une fois le cycle des opérations précédentes à partir de l'étape b).

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de retouche de la couche supérieure (17) dont a été enlevée la partie (170) collée audit support (20), cette étape de retouche étant effectuée occasionnellement après l'étape d) et avant de recommencer l'étape b) d'un cycle ultérieur d'opérations et consistant à éliminer la couronne (170') de matériau de la couche supérieure (17) qui n'a pas été reportée sur le support (20), de façon à obtenir une nouvelle face avant (13) apte à être collée à un nouveau support (20).

35 4. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de retouche

de la couche supérieure (17) dont a été enlevée la partie (170) collée audit support (20), cette étape de retouche étant effectuée systématiquement après l'étape d) et avant de recommencer l'étape b) d'un cycle 5 ultérieur d'opérations et consistant à éliminer la couronne (170') de matériau de la couche supérieure (17) qui n'a pas été reportée sur le support (20), de façon à obtenir une nouvelle face avant (13) apte à être collée à un nouveau support (20).

10

5. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'opération de formation de la face avant (13) comprend une opération (1) de découpe et de rectification du lingot (10).

15

6. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'opération d'implantation (2) est effectuée avec une forte énergie, de sorte que la partie (170) de la couche supérieure (17) reportée sur ledit 20 support (20) présente une épaisseur suffisante pour être auto-portée.

7. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que ledit support (20) comprend au 25 moins une couche d'un matériau monocristallin ou polycristallin, choisi parmi le silicium, le carbure de silicium, le phosphure d'indium, l'arséniure de gallium ou le germanium.

30

8. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que ledit support (20) est constitué d'un matériau plastique et/ou souple.

9. Procédé selon la revendication 1 ou 2, 35 caractérisé en ce que ledit support (20) est un outil de préhension.

10. Procédé selon la revendication 1, 2, 7 ou 8, caractérisé en ce que le collage du support (20) est effectué par adhésion moléculaire.

5 11. Procédé selon la revendication 1, 2 ou 7, caractérisé en ce que le collage du support (20) est effectué par collage eutectique.

10 12. Procédé selon la revendication 1, 2, 7, 8 ou 9, caractérisé en ce que le collage du support (20) est effectué par l'application d'un adhésif.

13. Procédé selon la revendication 1, 2, 7, 8 ou 9, caractérisé en ce que le collage du support (20) est effectué par l'application d'une cire.

15 14. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que le collage est effectué par application de forces électrostatiques.

20 15. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que le collage est effectué par application d'un différentiel de pression.

25 16. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le collage du support (20) est définitif.

30 17. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le collage du support (20) est temporaire.

35 18. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'opération de détachement (3) de la couche de matériau (170), du reste du lingot (10) est effectuée par au moins l'une des techniques suivantes qui peuvent être utilisées seules ou de façon combinée

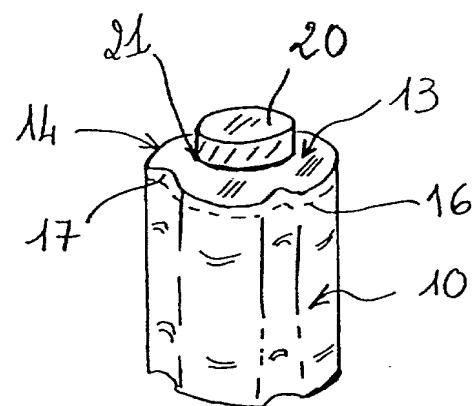
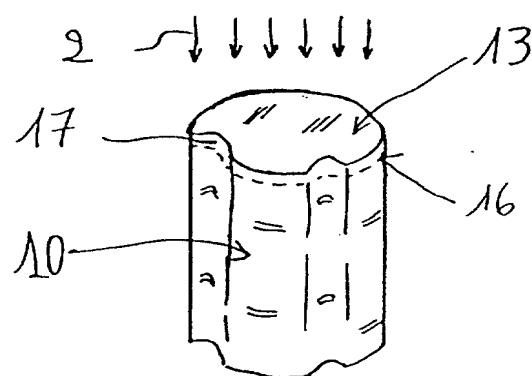
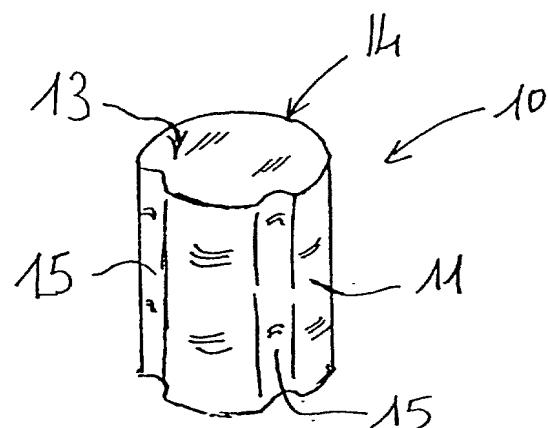
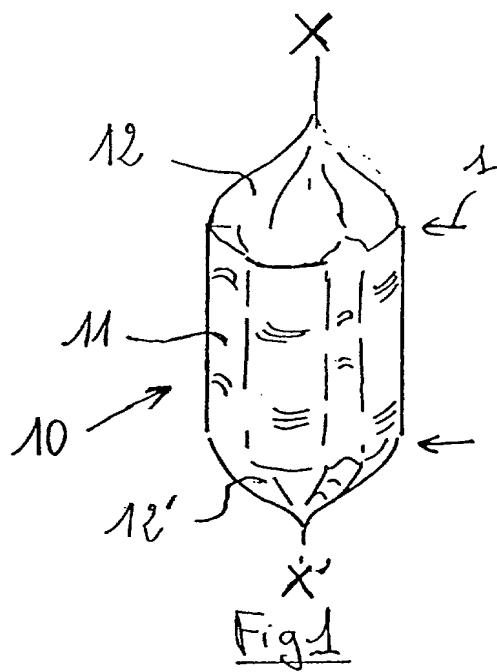
parmi l'application de contraintes d'origine mécanique ou électrique, l'apport d'énergie thermique et une opération de gravure chimique.

5 19. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le matériau du lingot (10) est monocristallin et est choisi parmi le carbure de silicium, le silicium, le phosphure d'indium, l'arséniure de gallium ou le germanium.

10 20. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que ledit support (20) et/ou ledit lingot (10) comportent une couche d'isolant, notamment un oxyde ou un nitrure.

15 21. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'au cours de l'étape a), ledit lingot brut (10) est découpé en au moins un tronçon épais, ladite face avant (13) étant ménagée sur ce
20 tronçon épais.

1/2



1 / 2

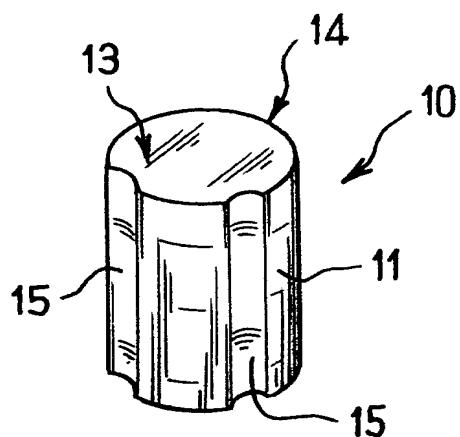
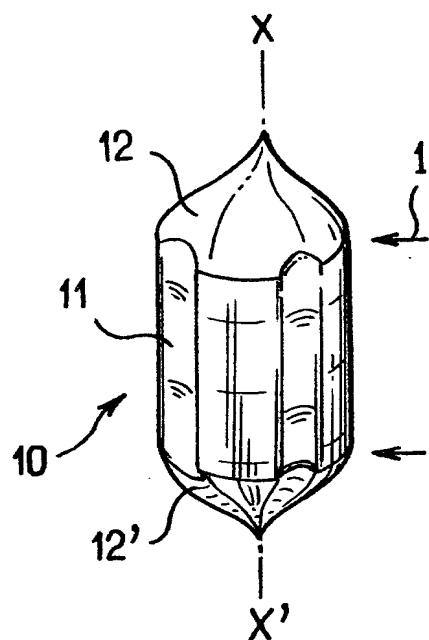


FIG. 2

FIG. 1

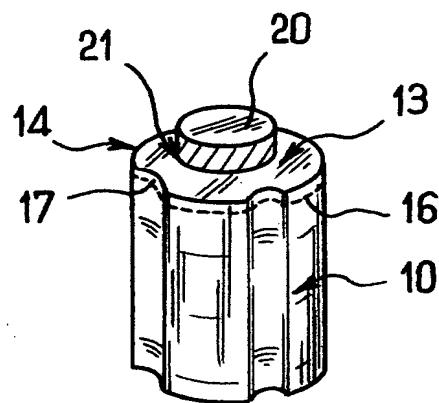
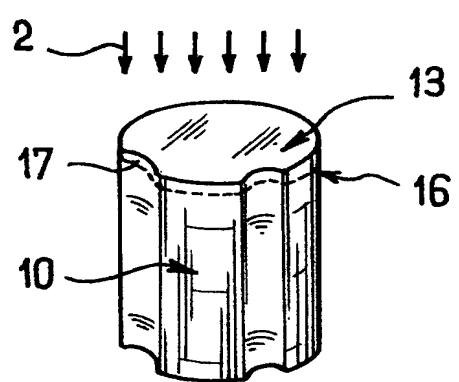


FIG. 3

FIG. 4

2/2

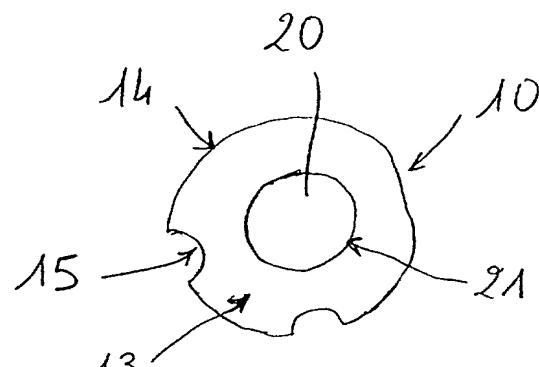


FIG. 5

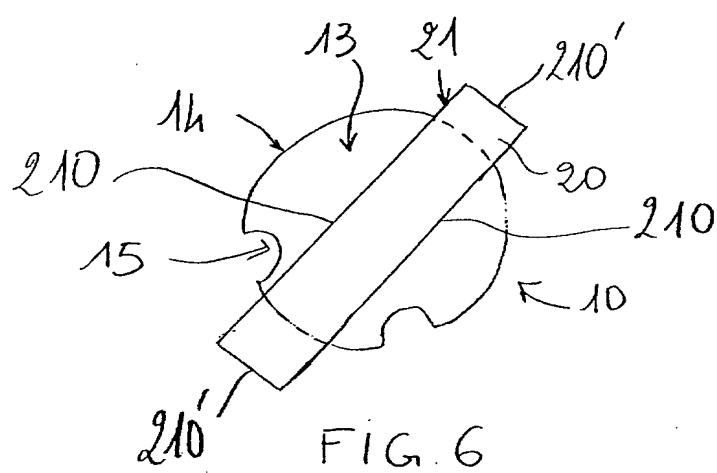


FIG. 6

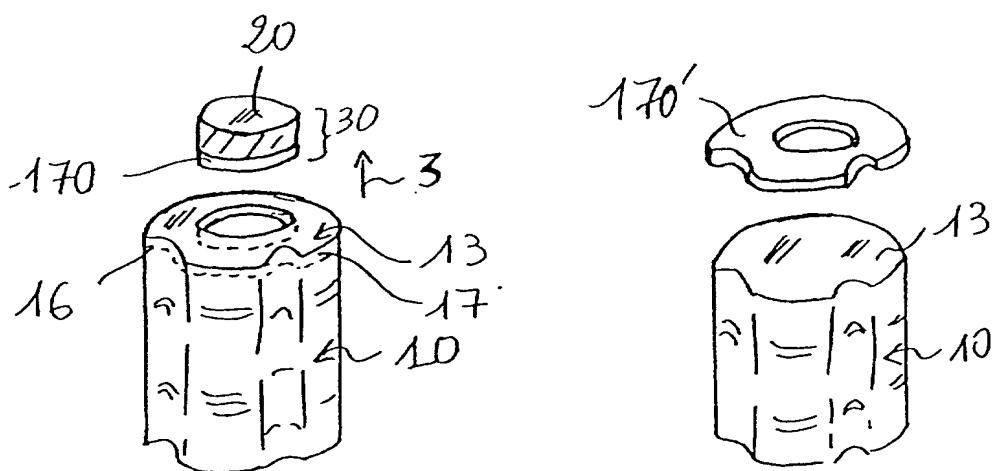


FIG. 7

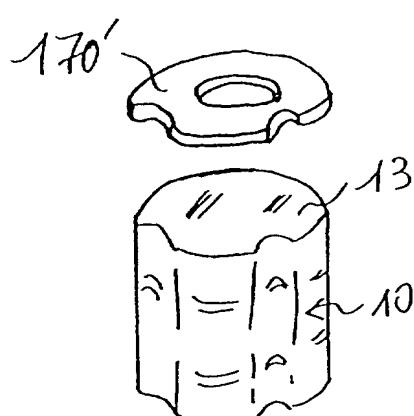


FIG. 8

2 / 2

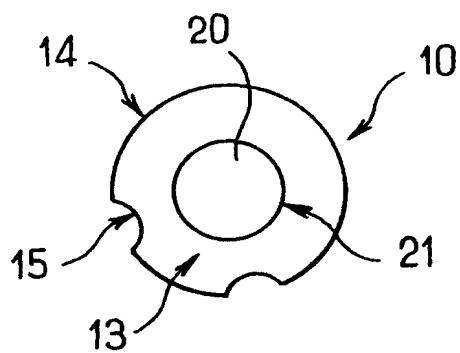


FIG. 5

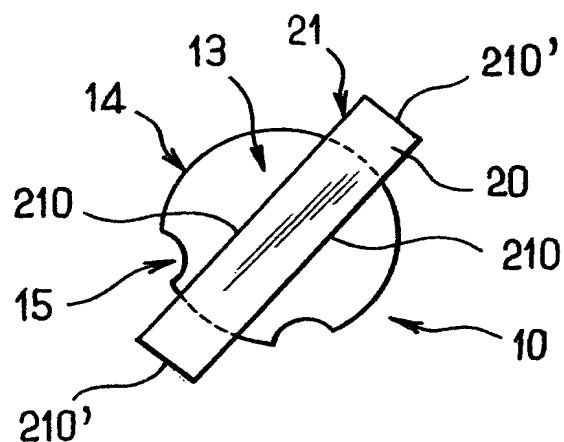


FIG. 6

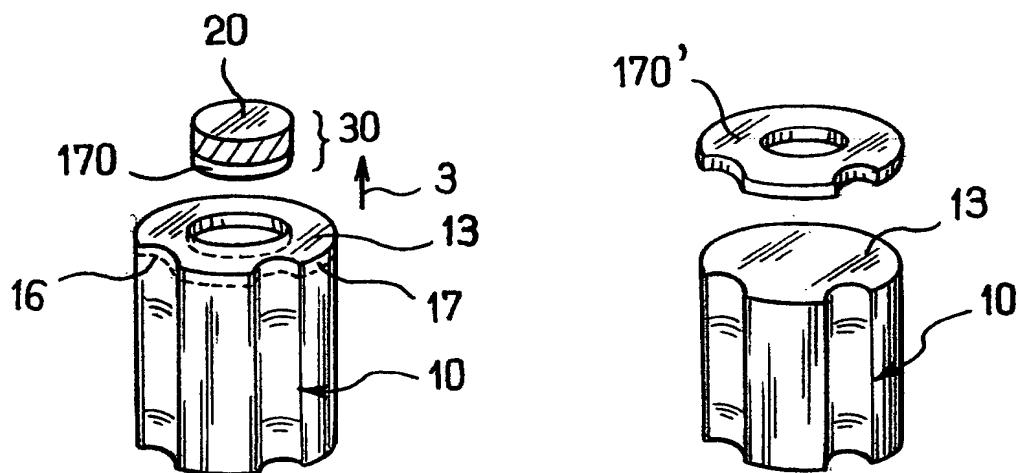


FIG. 7

FIG. 8

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1.../1...

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 @ W / 270601

Vos références pour ce dossier (facultatif)	239119/D.18919R													
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL	01w9021													
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)														
"Procédé de fabrication de substrats notamment pour l'optique, l'électronique ou l'opto-électronique"														
LE(S) DEMANDEUR(S) :														
S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES														
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :														
<table border="1"> <tr> <td>1 Nom</td> <td>GHYSELEN</td> </tr> <tr> <td>Prénoms</td> <td>Bruno</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Adresse</td> <td>Rue</td> </tr> <tr> <td>58, rue Georges Maeder</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Code postal et ville</td> </tr> <tr> <td colspan="2">[3 8 1 7 0] SEYSSINET-PARISSET</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Société d'appartenance (facultatif)</td> </tr> </table>		1 Nom	GHYSELEN	Prénoms	Bruno	Adresse	Rue	58, rue Georges Maeder	Code postal et ville		[3 8 1 7 0] SEYSSINET-PARISSET		Société d'appartenance (facultatif)	
1 Nom	GHYSELEN													
Prénoms	Bruno													
Adresse	Rue													
	58, rue Georges Maeder													
Code postal et ville														
[3 8 1 7 0] SEYSSINET-PARISSET														
Société d'appartenance (facultatif)														
<table border="1"> <tr> <td>2 Nom</td> <td>LETERTRE</td> </tr> <tr> <td>Prénoms</td> <td>Fatrice</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Adresse</td> <td>Rue</td> </tr> <tr> <td>33, Quai Jongkind</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Code postal et ville</td> </tr> <tr> <td colspan="2">[3 8 1 0 1 0] GRENOBLE</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Société d'appartenance (facultatif)</td> </tr> </table>		2 Nom	LETERTRE	Prénoms	Fatrice	Adresse	Rue	33, Quai Jongkind	Code postal et ville		[3 8 1 0 1 0] GRENOBLE		Société d'appartenance (facultatif)	
2 Nom	LETERTRE													
Prénoms	Fatrice													
Adresse	Rue													
	33, Quai Jongkind													
Code postal et ville														
[3 8 1 0 1 0] GRENOBLE														
Société d'appartenance (facultatif)														
<table border="1"> <tr> <td>3 Nom</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Prénoms</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Adresse</td> <td>Rue</td> </tr> <tr> <td>[]</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Code postal et ville</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Société d'appartenance (facultatif)</td> </tr> </table>		3 Nom		Prénoms		Adresse	Rue	[]	Code postal et ville		Société d'appartenance (facultatif)			
3 Nom														
Prénoms														
Adresse	Rue													
	[]													
Code postal et ville														
Société d'appartenance (facultatif)														
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.														
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)														
BRANGER Jean-Yves Mandataire CPI N° 92-4010														

